

por

Aldo da Cunha Rebouças

Instituto de Geociências-USP

I - INTRODUÇÃO

Urbanização e industrialização são fenômenos característicos do nosso século, sobretudo notáveis a partir do fim da Segunda Guerra Mundial. Estes processos acham-se intimamente ligados e tem engendrado profundas perturbações nos ecossistemas naturais em geral e nos recursos hídricos em particular. Os problemas relacionados com a água são os mais críticos, a tal ponto que, em 1971, como parte do Decênio Hidrológico Internacional (1965-1974), a UNESCO e FAO constituiram grupos de trabalho para estudar a "Influência da Urbanização e Industrialização no Ciclo Hidrológico".

O quadro levantado foi de tal forma preocupante que no Programa Hidrológico Internacional, em desenvolvimento a partir de 1975, constam cinco projetos diretamente relacionados com esses problemas.

As perspectivas tornam-se acentuadamente mais preocupantes quando constata-se que a taxa de crescimento da população urbana mundial é quase duas vezes superior àquela de crescimento da população total. Pelo ano 2000 metade da população do planeta deverá se concentrar no meio urbano.

No Brasil, as projeções do IBGE estimam que, no ano 2000, a população urbana deverá atingir cerca de 70% do total previsto.

Esse número global é significativamente alterado se levarmos em conta os vários padrões de urbanização. O primeiro deles, e o mais importante, é representado pelo Estado de São Paulo onde a população urbana chega a constituir, segundo estimativa do IBGE para 1980, quase 92% do total, e onde, somente na região metropolitana da Grande São Paulo concentra-se mais de 50% da população do Estado.

O segundo padrão mais importante acompanha a fachada atlântica onde se concentra perto de 80% da população brasileira.

A importância dos impactos da urbanização no meio ambiente em geral dessas áreas, pode ser avaliada pelos diferentes graus de degradação que já presenciamos e levando-se em conta as elevadas taxas de crescimento das nossas principais regiões metropolitanas, 5 a 6% ao ano.

II - PANORAMA GERAL NO BRASIL

Guardadas as devidas proporções, os problemas engendrados pelos surtos de urbanização e industrialização são semelhantes em quase todas as nossas grandes regiões metropolitanas.

Com efeito, a urbanização e industrialização que geram grande parte da riqueza são também fontes de poluentes do ar, da água e de degradação do meio físico, criando problemas que só recentemente começam a ser delineados e para os quais morosamente são tentadas providências.

Em termos de equipamentos urbanos propriamente ditos, é sabido que o atendimento quanto a serviços, tais como água, esgoto, recolhimento, transporte e disposição de lixo, equipamentos de lazer, é feito segundo a distribuição de renda. Aceleram-se assim, especialmente na periferia urbana, problemas ligados à contaminação ambiental, pois que boa parte dessa população lança os esgotos em fossas negras ou mesmo a céu aberto. Ao mesmo tempo, o abastecimento de água, sendo bastante precário, obriga a população a construir poços rasos domiciliares ou usar água dos cursos d'água.

Em ambos os casos o problema se torna bastante sério e perigoso. No primeiro, dada a exiguidade dos lotes de terreno, os poços rasos construídos muito próximos das fossas engendram gravíssimos problemas de contaminação da água; no segundo, via de regra, todos os cursos d'água que atravessam as nossas áreas urbanas estão poluídos, ou por serem o caminho natural dos esgotos domésticos e industriais não tratados, ou por serem depósito de lixo e rejeitos industriais.

As interações entre urbanização e recursos hídricos são mostradas nas figuras 1 e 2. A maior complexidade da segunda é evidente.

III - EFEITOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Nos projetos de urbanização e/ou industrialização em geral, a existência das águas subterrâneas somente é levada em consideração, na medida em que causa dificuldades à implantação dos equipamentos urbanos e/ou dos projetos industriais.

As perturbações engendradas pela urbanização e/ou industrialização se traduzem, geralmente, por:

- modificação das taxas de alimentação das águas subterrâneas;
- alteração das condições de escoamento subterrâneo;
- abaixamentos generalizados ou locais dos níveis de água, sob a ação de bombeamentos intensivos para abastecimento ou simplesmente para implantação de obras civis em geral;
- modificações das relações com as águas superficiais e das condições de auto depuração dos solos;
- deteriorização da qualidade física e química das águas, sob a influência dos rejeitos produzidos pelos complexos urbanos e industriais, geralmente lançados na superfície dos terrenos ou injetados no subsolo, as vezes.

O lençol freático representa o primeiro nível de acumulação de águas subterrâneas. A implantação dos complexos urbanos provoca, desde o início das ações sobre a topografia e cobertura vegetal, sérias perturbações sobre o lençol freático, em particular, e sobre as águas subterrâneas em geral.

As impermeabilizações asfálticas e similares reduzem substancialmente as taxas de infiltração direta de águas de origem meteórica: chuvas, neblinas, neve, etc.

As galerias, túneis, metrôs, estacionamentos subterrâneos e similares, constituem, geralmente, obstáculos aos escoamentos subterrâneos ou engendram cami-

nhos preferenciais de fluxo.

A canalização de cursos d'água interrompe, brutalmente, por vezes, as relações águas subterrâneas águas de superfície. Em consequência, verifica - se subida ou descida acentuada do nível d'água do freático, engendrando inundação de sub-solos ou modificação das características geotécnicas dos terrenos das fundações.

A exploração generalizada de águas subterrâneas nos contextos urbanizados pode provocar recalques acentuados, como se verifica, por exemplo, na cidade do México e Veneza.

Pode acontecer que estações de bombeamento d'água subterrânea devam ser paralizadas. Isto provoca a subida do nível das águas subterrâneas nas circunvizinhanças, criando problemas às fundações e estruturas subterrâneas em geral.

A exploração mal controlada de materiais de construção (portos de areia, pedreiras, argilas, etc...) e a construção de lagos artificiais, podem provocar perturbações indesejáveis no lençol subterrâneo.

A prática de aterros sanitários nessas crateras deixadas pelas explorações de materiais de construção, tem se revelado extremamente nociva, tanto para as águas subterrâneas como para as fundações. Nos Estados Unidos e Europa processa - se uma verdadeira política de erradicação de aterros sanitários do meio urbano.

A qualidade física e química das águas subterrâneas, naturalmente melhor protegidas dos agentes de poluição, é geralmente ameaçada.

Os mais importantes agentes poluidores são:

- infiltração de esgotos domésticos a partir de fossas sépticas e nebras;
- vazamento da rede pública coletora de esgotos domésticos e industriais;
- percolações provenientes de depósitos de produtos e/ou rejeitos industriais e aterros sanitários;
- infiltrações de águas de despejo de indústrias alimentares, extrações minerais, refinarias, indústrias química e similares;
- vazamento acidental de tanques de gasolina e outros fluidos;
- infiltração de águas de resfriamento de centrais termoelétricas e similares.

IV - O QUADRO DA GRANDE SÃO PAULO

Muito embora o tema principal do encontro seja a Bacia Geológica de São Paulo, as complexidades e interações dos problemas hidrogeológicos nos obrigam a estender a nossa análise à extensão da região metropolitana da Grande São Paulo.

Neste contexto de cerca de 8.050 km², os terrenos da Bacia Geológica Cenozoica ocupam apenas 15%, sendo os restantes 85% representados pelos terrenos cristalinos de idade Pré-cambriana.

A origem da Bacia de São Paulo está indiscutivelmente ligada a eventos tectônicos.

A reativação de antigas zonas de falhamento, provocou o abaixamento de blocos e consequente deposição dos materiais arenosos e argilo-siltosos que cons-

tituem os principais fácies sedimentares desta Bacia. Cessadas as condições de repre samento, os rios Tietê e Pinheiros entalharam os próprios sedimentos, na medida em que venciam a soleira granítica de Baruerí. Enquanto durou o processo de barragem tectônica dos rios, os sedimentos acumularam-se, devendo ter atingido perto de 300m. de espessura.

O relevo atual é caracterizado por uma sucessão de colinas suaves e espigões com altitude média situada ao redor de 760m. Os terrenos cristalinos situam-se mais altos que os terrenos sedimentares. Esta configuração tem grande importância na análise dos impactos da urbanização e industrialização no setor da Bacia de São Paulo, pois para ai convergem as águas que se escoam pela rede de drenagem superficial e subterrânea da área circunvizinha.

As águas superficiais, captadas através de represas situadas no domínios dos terrenos cristalinos, constituem a fonte principal de abastecimento do complexo urbano e industrial da Grande São Paulo. As águas subterrâneas servem como fonte secundária, sendo captada através de poços tubulares, ponteiras e cacimbas, todos pertencentes à particulares, sem controle pelos serviços públicos.

Segundo os dados do setor de saneamento, verifica-se que a população que deverá usufruir do abastecimento de água pública em toda a Grande São Paulo, é estimada em cerca de 10 milhões de habitantes em 1980 e 15 milhões, em 1990, dos totais de 12 a 17 milhões, respectivamente.

As estimativas de demanda d'água a ser atendida pelo sistema público indicam um valor global de 45,4m³/s para 1980, 63,5 e 77,7 m³/s para 1990 e 2000 respectivamente. Ou seja, 1430, 2000 e 2450 milhões m³/ano.

Além das demandas d'água, para o abastecimento urbano, doméstico e industrial, a serem atendidas pelos sistemas públicos de distribuição, existem na região demandas adicionais, tais como: população urbana e indústrias situadas em áreas não servidas pelo sistema. Estas se abastecerão de água através de captações subterrâneas. As demandas previstas são de 66, 84 e 113 milhões de m³/ano para os horizontes de 1980, 1990 e 2000 respectivamente. A irrigação que deverá abranger 4.500 ha no fim do século deverá representar uma demanda de 31 milhões de m³/ano.

Segundo estimativas do DAEE, em 1975, deveria existir cerca de 4.000 poços tubulares, proporcionando uma vazão anual da ordem de 107 milhões de m³, sendo 66 milhões do aquífero sedimentar e 41 milhões do aquífero cristalino. Isto corresponde a 20% das quantidades disponíveis. Essa quantidade não incluia cerca de 60 milhões de m³ anuais explorados pelos poços ponteiras e cacimbas, localizados sobretudo nos aluviões e manto de rochas cristalinas alteradas. Estas seriam as vazões exploráveis durante 10 a 15 anos.

Vale ressaltar que, enquanto os poços que exploram os sedimentos da Bacia de São Paulo apresentam uma produção média de 14m³/s, sendo inferior a 9m³/h, a produção média dos poços do cristalino é da ordem de 7m³/h, sendo 50% inferior a 4m³/h.

Face a existência de uma demanda reprimida estimada em 15-20m³/s e aos crescentes aumentos de preços de água aduzida, cada vez mais aumenta a utilização da água subterrânea por meio de poços profundos. A estimativa de poços atualmente em operação na Grande São Paulo é de pelo menos 7.000, cuja maioria fornece água à

indústrias, hoteis, prédios de apartamentos, hospitais.

A idéia corrente era de que a exploração atual das águas subterrâneas devesse se limitar aos domínios ainda não servidos pela rede de distribuição, ou para atendimento de indústrias e das necessidades domésticas domiciliares localizadas na periferia. Entretanto, os resultados preliminares de um estudo em andamento, revelam a existência de perto de 300 poços no espião da Av. Paulista, entre Consolação e Paraíso, e que abastecem, hoteis, hospitais e condomínios. Avaliamos o ritmo atual em 1 a 2 poços por dia. Devido à ausência de uma legislação, até o momento não se conhece o número exato e a localização dos poços da região da Grande São Paulo. Estes são perfurados sem a consideração devida das limitações hidrogeológicas dos aquíferos e são executados por qualquer pessoa interessada e em qualquer lugar, sem receberem controle quanto as formas de uso.

A estrutura geológica e topográfica da região determinam que a maior parte da água infiltrada no solo como recarga, flue para os rios que cortam a região. Conforme os estudos realizados pelo DAEE, 60-80% do escoamento total dos rios, provém dessas águas subterrâneas, ou seja, cerca de 2 bilhões m³/ano.

As explorações que se desenvolvem desde o início do século já engendraram, localmente, modificações do nível das águas subterrâneas.

Os documentos disponíveis elaborados pelo DAEE (1975) indicam que, em algumas áreas (10% do setor sedimentar) o rebaixamento em relação ao nível natural, foi da ordem de dezenas de metros (até 70m). Em consequência do rápido desenvolvimento urbano, sobretudo importante no domínio da Bacia sedimentar e a crescente exploração das águas subterrâneas deste setor, o aquífero encontra-se em processo de esgotamento. Há porém setores onde, devido às condições geológicas locais, ou devido ao reduzido bombeamento, é possível recomendar-se um aumento da quantidade de água bombeara. Este quadro sendo baseado em dados de poços de características construtivas as mais diversas deve ser considerado com grande circunspeção.

Vale salientar que, dentre os diferentes impactos da urbanização sobre as águas subterrâneas, a redução das taxas de recarga natural é talvez o único a encontrar um sucedâneo importante.

Com efeito, as perdas de água das redes de distribuição compensam, relativamente, a redução das recargas naturais devido aos asfaltamentos e construções.

O estudos realizados em cidades médias (menos de 100.000 habitantes) da Europa e Estados Unidos indicam que uma boa rede de distribuição de água proporciona perdas de 10 a 15 m³/ano por habitante.

As cidades maiores apresentam perdas de 2 a 3 vezes superiores. Por exemplo, Paris apresenta perdas de 8m³/s ou seja, cerca de 30m³ por ano por habitante. Na Grande São Paulo as perdas são avaliadas em 10-15 m³/s, ou seja, cerca de 25 a 37m³ por habitante por ano. Isto equivale a uma recarga garantida de 315 a 472 milhões de m³/ano; cerca de 3 a 4 vezes os volumes exploráveis, conforme estimativa do DAEE. Isto sem contar as recargas naturais e aquelas provenientes das perdas das redes de esgotos.

Assim, em termos de quantidade, ainda não existe, em escala regional, limitação ao desenvolvimento de uma exploração racional das águas subterrâneas da Grande São Paulo.

Em apenas 10% da Bacia Sedimentar observa-se, aparentemente, super-exploração. No restante, há possibilidade de se aumentar ou manter as explorações, bem como no domínio das rochas cristalinas.

Do ponto de vista qualitativo, os dados disponíveis indicam que as águas subterrâneas na região da Grande São Paulo ainda não se encontram poluidas regionalmente. Alguns poços, apenas, de uma amostra de 100 espalhados sobre toda a região, proporcionalmente a densidade, e tipos de aquíferos, indicaram a presença de água poluída do ponto de vista bacteriológico e 25% apresentaram turbidez acima dos padrões de potabilidade. Estes são aspectos característicos do mau uso dos poços. Em termos químicos as águas são de boa qualidade, com exceção do pH baixo- 5 a 6,5. Alguns poços apenas indicaram concentrações elevadas de ferro, fluor. Não foram encontrados vestígios de metais pesados (Cr, Pb, Cu), nem sinais de poluição devido a detergentes.

Do exposto, verifica-se que os aquíferos da Grande São Paulo tem um papel importante a desempenhar como fonte de abastecimento. É da maior importância a conservação dessa fonte a fim de que possa propiciar sua parte em prol da elevação do padrão de vida e benefício geral da população. (Figura 3)

CONCLUSÕES

As águas subterrâneas da região da Grande São Paulo constituem um recurso relativamente importante e de boa qualidade para o abastecimento doméstico e industrial. As limitações de qualidade e quantidade serão consequência do mau uso.

Admitindo-se que se explore apenas o equivalente as perdas esperadas das redes de distribuição de águas, ter-se-ia cerca de 30% da demanda total a ser atendida pelos sistemas públicos, isto é, de 10 a 30 m³/s até o ano 2000.

Por outro lado, considerando-se a problemática de segurança, face a grande vulnerabilidade dos mananciais de superfície às ações de terroristas e outras, as águas subterrâneas da região deverão ser preservadas como um recurso de grande alcance estratégico. Além disso deverão proporcionar normalmente recurso complementar para atendimento dos picos ^{de demanda} e dos usuários não servidos pela rede.

Nestas condições, deveria ser feito um cadastro, o mais completo possível, das explorações atuais e disciplinar o seu uso, ao mesmo tempo em que deveria ser estabelecida um rede de captação de emergência. Assim, ao se receber um alarme sobre uma possível contaminação dos mananciais de superfície, as captações subterrâneas proporcionariam os recursos indispensáveis à sobrevivência da população e funcionamento dos equipamentos urbanos imprescindíveis. Paris, por exemplo, mantém cerca de 30% das suas necessidades abastecidas por poços, por medida de segurança.

O conhecimento exato das quantidades e das épocas em que essas quantidades de água subterrânea serão necessárias, em função dos planos de desenvolvimento urbano, poderá evitar o desperdício de recursos hídricos e financeiros.

Estes são aspectos hidrogeológicos no planejamento da ocupação urbana da região da Grande São Paulo. O papel dos planejadores consistirá em encontrar o

justo equilíbrio entre as diversas soluções possíveis e estabelecer a ordem de prioridades. Possa esta análise lhes ser realmente útil.

REFERÉNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UNESCO - Impact of Urbanization and Industrialization on Water Resources Planning and Management. Paris, 1979.

IBGE - Anuários Estatístico do Brasil, Rio de Janeiro, 1977.

UNESCO - Effects of Urbanization and Industrialization on the Hydrological Regime and on Water Quality. Paris, 1977.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - Estudo de Águas Subterrâneas - Região Administrativa 1 - Grande São Paulo. Vol. 1. Resumo Vol. 2 Anexos. São Paulo. 1975.

SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO - Plano Diretor de Águas e Esgotos da Grande São Paulo - Solução Integrada. São Paulo, 1974.

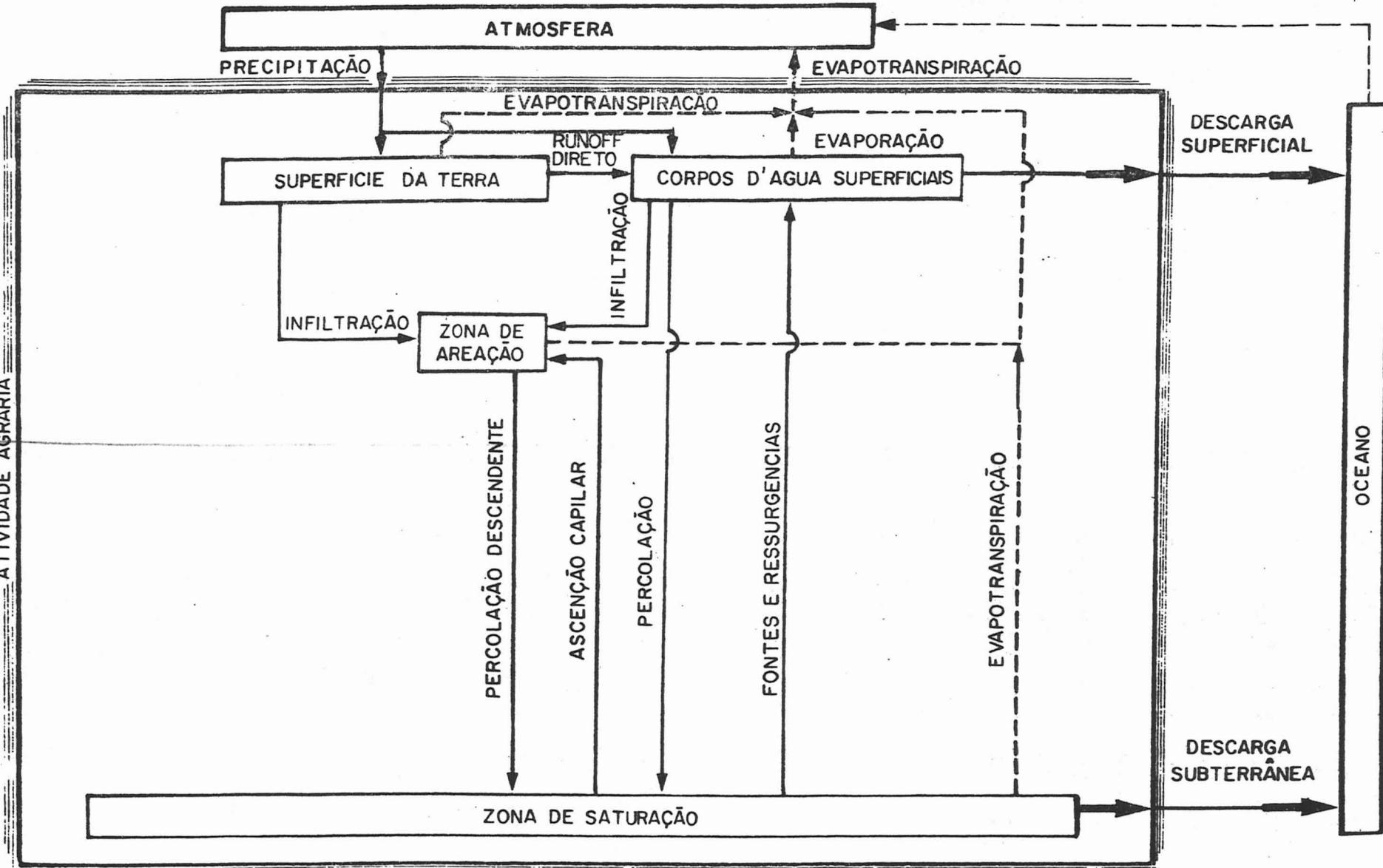


Fig. 1 - SISTEMA HIDROLÓGICO EM ÁREA NÃO URBANIZADA (Mod. de COHEN et al, 1968 in UNESCO 1979)

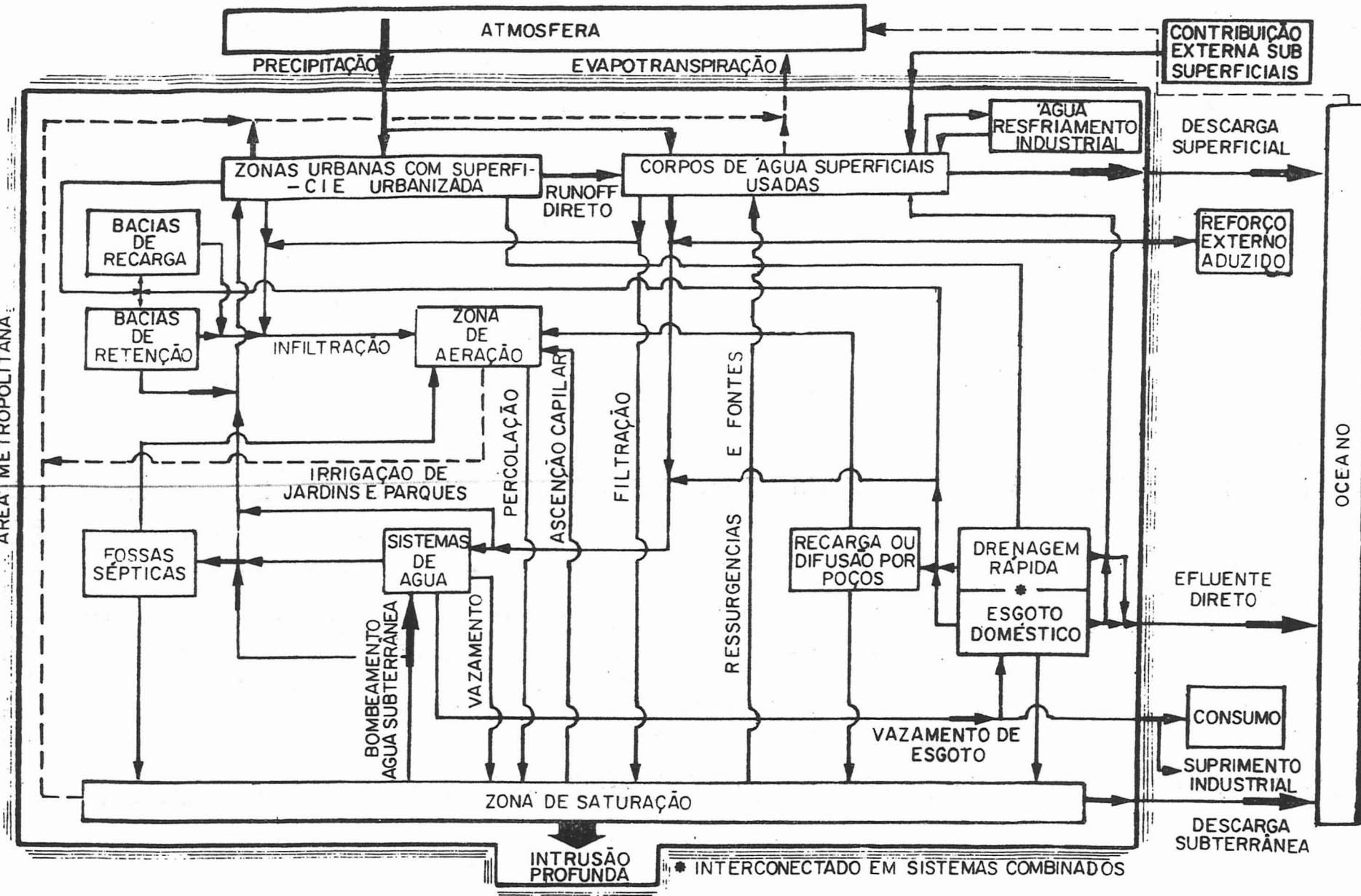


Fig. 2 - SISTEMA HIDROLÓGICO EM ÁREA URBANIZADA (Mod. de FRANKE & McCLYMONDS in UNESCO 1979)

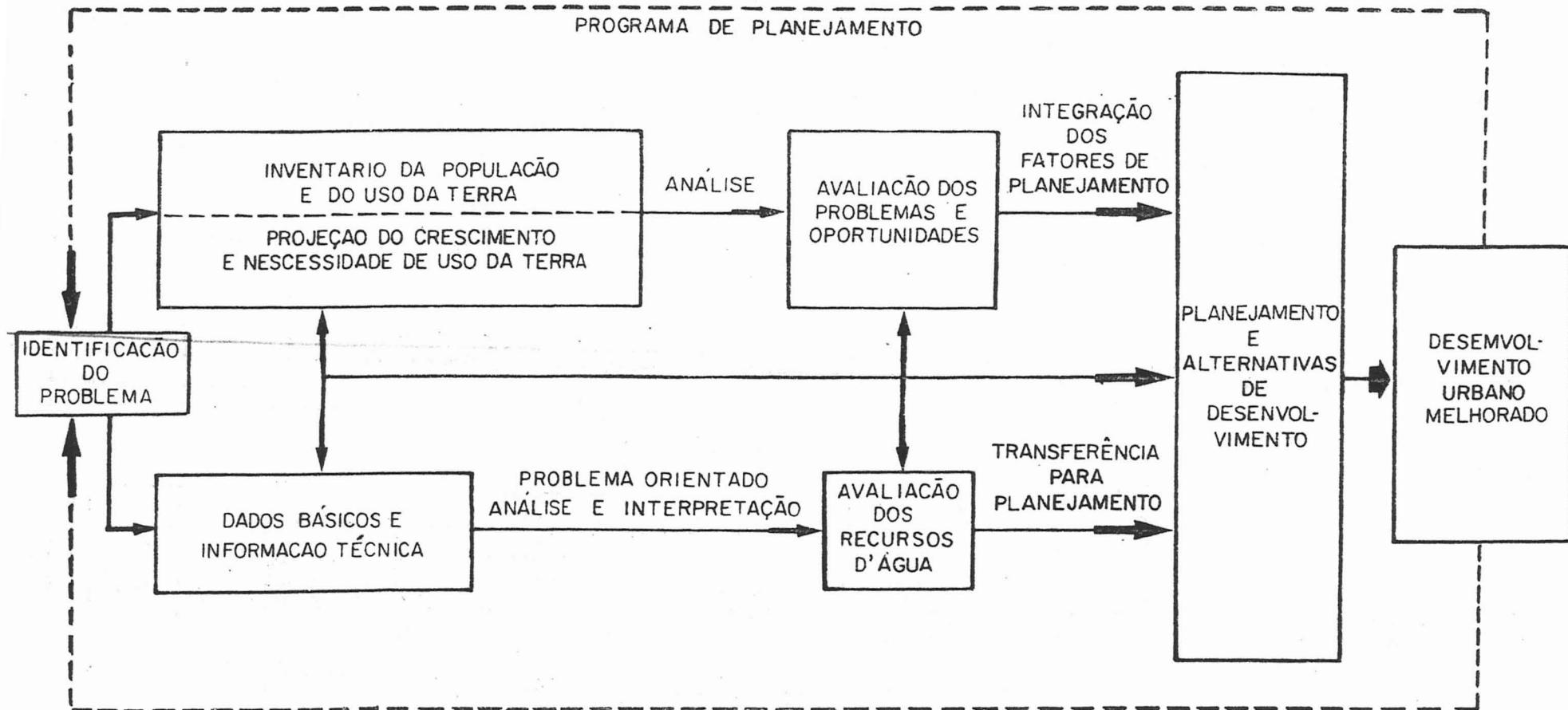


Fig. 3 - SISTEMA DE PLANEJAMENTO URBANO (SCHNEIDER et al, 1973 in UNESCO 1979)